小麥蛋白質含量變異之研究[1]

謝 日 鑫 吳 翠 玉[2]

摘要 本研究以五個春小麥品種探討同株內不同穗間，同穗內不同部位的種子蛋白質含量之變異情形，以及蛋白質含量與株高及千粒重等農藝性狀之關係，以供在高蛋白品種育種過程中，分析材料取樣之依據。

試驗結果得知，在同一植株內不同穗間之蛋白質含量亦不同。一般而言，有分蘖長度愈小，蛋白質含量愈高的趨勢。兩者之間有顯著的負相關關係。在同一穗內不同部位間之蛋白質含量並無顯著的差異，第一穗之蛋白質含量最低，變異最小，其值則依穗數之增大而增大。故進行蛋白質分析時，應取發育良好之主穗爲材料，如此可以減少由環境因子所引起的變異。蛋白質含量與千粒重之間有負相關關係存在。

前 言

小麥之蛋白質含量因環境因子之不同而異（Kaul *et al*, 1970；謝，1975）。土壤水分之含量及氮肥施肥量之不同，對小麥蛋白質含量之影響甚大（Johnson *et al*, 1972）。同一品種中穗內及小穗間的蛋白質含量亦有極廣的差異（Levi & Anderson, 1950；McNeal & Davis, 1954）。謝（未發表）進行小麥品種 Svenno 之穗行試驗時，發現同一品種不同行間種子之蛋白質含量，最高與最低間相差７～８％，其變異亦達10～20％，而此種變異除了受環境變異、土壤變異及分析時所造成的人爲偏差的影響外，材料取樣不當所造成的偏差，影響亦極鉅。因此，在實際高蛋白小麥育種過程中，如何減少環境影響的差異，以使眞正的遺傳變異表現出來，顯得極爲重要。若能就栽培及種子取樣二方面控制蛋白質之變異性，則試區及重複次數可減少，而並不影響試驗的準確性，且經費及勞力可節省不少。

本試驗的目的在於探討小麥不同品種間及同株內穗間與同穗內不同部位間種子蛋白質含量的變異情形，作爲高蛋白品種育種過程中取樣時之依據。

材料與方法

（一）試驗材料及栽培方法：

將五種春小麥，Rageni 15（印度）、Mex 22A（奧國）、Mexipak（巴基斯坦）、Igachikugo-oregon （日本）及 Zeuksuzi-komugi（日本），於1974年在中興大學農藝系農場種植。另外種植中國春小麥之畸多元體85品系，作研究蛋白質含量與粒重及株高關係之用。行株距爲 30×10cm，施肥量 N—P—K 爲80—100—120公斤／公頃，全量作基肥施用。田間管理按一般栽培法行之。

（二）試驗方法：

1.同株內穗間蛋白質含量之測定：

將株內之穗，依其分蘖長度之高低區分，最高者爲第一穗，次高者爲第二穗，餘類推。以 Dye-Binding Capacity（DBC）法（Udy, 1971）分別測定各穗之蛋白質含量。DBC 法爲：先將小麥種子用 Udy 氏吹風磨粉機（Udy Cyclone Mill）磨粉後烘乾（80°C）12小時，然後取 400mg 樣品

本研究爲國家科學委員會補助「臺灣主要糧食作物蛋白質改良之研究」，（NSC—64B—0409—04（06））之一部分。研究期間承計畫主持人謝順景博士指導，謹此誌謝。

1.試驗報告農試字第八〇八號　2.分別爲國立中興大學糧食作物研究所研究生、臺灣省農業試驗所技佐。

，用自動量管（Automatic pipet）加 20 ml 染色液，以震盪機震動60分鐘。將溶液靜置 5 ～10分鐘後過濾，取其澄清液，用光電比色計（波長 480 mμ）測定其吸光度，並依據下列公式計算蛋白質含量：

蛋白質含量＝＝（1.100－C）/0.0545（C爲染色液之濃度），最後再用反應液當時之溫度（25°C 爲標準）做適當的矯正。

2.同穗內不同部位種子間蛋白質含量之測定：

在五個品種中，每一品種任選四穗，將每穗分上、中、下三等分，以 Kjeldahl 法測其蛋白質含量（AOAC, 1971）。

結果與討論

（一）用 DBC 法及 Kjeldahl 法所分析小麥蛋白質含量之相關值：

在小麥高蛋白質育種過程中，蛋白質含量之分析不但要正確，而且要相當迅速才能合乎需要。常用的 Kjeldahl 法雖然很正確，但效率低，一天平均只能分析30個樣品左右。 Udy 氏之 DBC 法較前法快 3 倍，故值得採用 。爲明瞭 DBC 法之可靠性，乃就小麥畸多元體85品系之種子，同時以 DBC 法及 Kjeldahl 法分析其蛋白質含量，比較所得結果，同時求二者間之相關係數。

試驗結果用 Kjeldahl 法所得平均蛋白質量爲14.43±1.811%，而用 DBC 法所測平均蛋白質量略高，爲15.186±1.955%。但兩者之差異不顯著（t＝1.375, df＝84）。兩者之間有極顯著之正相關關係，如圖一所示，其相關係數高達 r＝0.950** 。此即表示用 DBC 法分析小麥之蛋白質含量，其準確度值得信賴。

Hymowitzetal（1969）用此二法測定大豆蛋白質之含量，所得相關係數爲 r＝0.985 ，而鄭（1974）用此二法測定玉米蛋白質含量所得相關係數爲 r＝0.857 ，可見 DBC 速測法可通用於多種穀類作物。

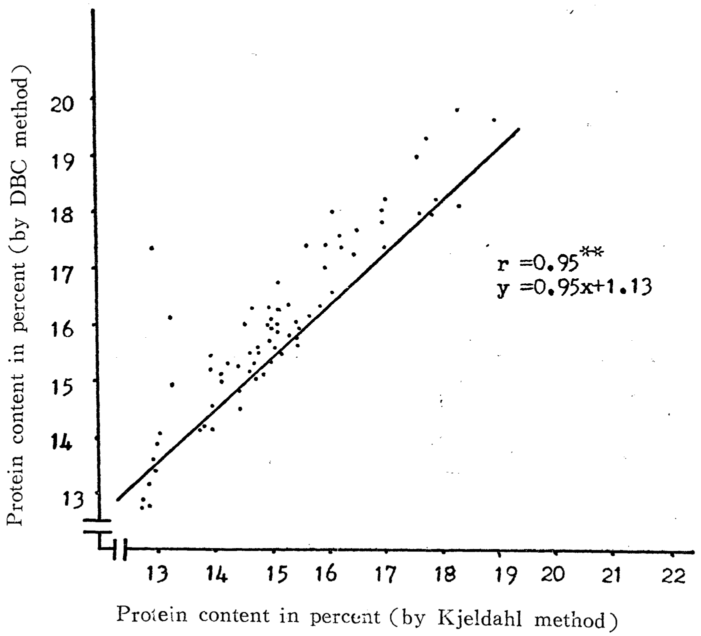

Fig. 1 Correlation between protein values measured by DBC and Kjeldahl methods.

（二）同株內穗間蛋白質含量之變異：

爲明瞭同株內不同穗間種子蛋白質量之有無變異，乃分穗分析之。茲將同株內不同穗間之蛋白質含量及其變異大小，列於表一。

Table 1. Comparison of mean, standard error and coefficient of variation for percent protein

Varieties	Spike No.	Mean Percent Protein	Standard Error	Coefficient of Variation
Rageni 15	1	10.88	1.22	11.21
	2	11.39	1.35	11.85
	3	11.50	1.46	12.70
Mex 22A	1	11.66	1.06	9.10
	2	11.99	1.13	9.40
	3	12.13	1.18	9.70
Mexipak	1	14.28	1.15	8.10
	2	14.70	1.22	8.30
	3	15.23	1.28	8.40
Igachikugo-oregon	1	12.66	0.85	6.70
	2	12.87	0.88	6.80
	3	13.01	0.93	7.15
Zeuksuzi-komugi	1	14.88	1.42	9.50
	2	15.22	1.50	9.90
	3	15.68	1.73	11.00

由表一可知，在五個供試品種中，每一品種內各穗之蛋白質含量不同，以第一穗之蛋白質含量最低，其標準機差及變異係數亦最小，而此等數值依次遞增。此即表示分蘗長度愈長，則蛋白質含量愈低，但其變異係數最小。此結果與謝（1975、1977）之試驗結果相同。爲進一步探討此一傾向是否存在於更多的分蘗上，在各供試品種中任選 5 株，每株由最長分蘗之第一穗至分蘗最短的第十穗分別分析其蛋白質含量，其結果列於表二。

Table 2. Variation in protein content among different spikes within a plant.

Varieties	Mean protein percent									
	Spike numbers									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rageni 15	10.43	10.99	11.09	11.95	12.04	12.14	13.10	13.38	13.77	13.86
Mex 22A	11.66	11.76	11.97	12.04	12.14	12.71	13.55	13.77	13.86	14.01
Mexipak	13.38	13.81	14.24	14.63	14.91	15.01	15.20	15.49	15.68	16.54
Igachikugo-oregon	13.00	13.10	13.77	14.63	14.72	15.30	15.39	16.54	17.11	17.11
Zeuksuzi-komugi	12.04	12.24	13.19	13.48	13.86	13.96	14.15	14.45	14.76	15.30

由表二可知，分蘖多的植株，無論何品種，第一穗及第二穗間之蛋白質含量相差不多，因此二分蘖之長度較爲接近，穗之發育最好，結實率亦最好之故。自第三、四穗開始，蛋白質含量依次增高，至第十穗（分蘖最短）爲最高，例如 Rageni 15 第十穗之蛋白質含量（13.86%）較第一穗者（10.43%）高出 3.43 %之多。Mex 22A 則高出 2.35 %，蛋白質含量較高的 Mexipak，其第十穗之蛋白質（16.54%）較第一穗(13.38%)高出 3.16%。Igachikugo-oregon 高出 4.11%, Zeuksuzi-komugi 則高出 3.26%，其差異非常顯著（表三）。由此可知，同株內蛋白質之變異，高蛋白品種較低蛋白品種爲大。

Table 3. Analysis of variance for difference in percent protein among spikes within a plant

Varieties	DF	MS	F Value
Mex 22A	9	4.77	12.08**
Igachikugo-oregon	9	5.24	13.92**
Rageni 15	9	5.02	12.04**
Zeuksuzi-komugi	9	2.04	3.75**

根據 Gericke 氏（1930）之報告，在同株內不同穗間蛋白質含量的差異與穗的開花期有關。Stuber 氏（1962）指出由於不同穗間開花期的不同，影響每穗之種子產量，而種子充實率較差晚抽穗的穗，在每株總穗數中所佔的比例較多，故分蘖多的品種其蛋白質變異較大。本研究中看到第一穗（分蘖最長，抽穗最早）之蛋白質含量最低，可能亦與抽穗期有關。雖然有效分蘖不同時開花，却同時成熟收穫，而通常第一分蘖先開花，且具較飽滿的種實，開花愈晚者種子發育期愈短，且呈不飽滿與皺縮，而愈飽滿的種子其澱粉質胚乳所佔的比例愈多。在胚乳中，除了糊粉層外，其蛋白質含量低於種實中的任何其他部分，因而第一分蘖較飽滿種子的蛋白質百分比，低於其他分蘖的種子。

蛋白質含量通常是以百分比（蛋白質構成成分對澱粉構成成分的比例）表示，因此影響這種成分的因子都可以影響其蛋白質含量百分比。第一分蘖具有較長的種子發育期，可貯存較多的碳水化合物，相對地冲淡了種實中聚積的氮化合物，此可能爲第一穗之蛋白質含量較低的另一原因。

（三）同穗不同部位間蛋白質含量之變異：

Levi & Anderson (1950) 及McNeal & Davis (1954) 之試驗，表示小麥同穗內小穗間之蛋白質含量有極大的差異，因此，蛋白質分析時應否取整穗爲樣本或僅取穗之中央部分爲樣本，才能減少蛋白質量之變異，尙待解決。爲明瞭此點，將供試五品種之麥穗切爲上、中、下三部分，重複四次，分析各部位之蛋白質含量。茲將分析結果示於表四。

Table 4. Intra-spike variation of percent protein in wheat

Varieties	Mean percent protein*		
	Upper-spike	Middle-spike	Lower-spike
Rageni 15	11.47	11.86	12.57
Mex 22A	14.51	15.00	15.27
Mexipak	14.47	14.36	15.54
Igachikugo-oregon	13.14	13.28	13.72

Zeuksuzi-komgui	12.04	12.43	12.79
Overall mean	13.126	13.386	13.978

* Mean values of 4 replications

由表四可知：在五個供試品種中，穗的下部平均蛋白質含量，較上、中部略高。Levi (1950) 指出小麥穗上部的蛋白質含量低於中、下部蛋白質含量，此可能因爲含氮物供給蛋白質的生產有限，而氮從穗下部輸送到上部較慢所致 (McNeal & Davis, 1966) 。Stuber (1962) 指出小麥穗的下、中部的蛋白質含量幾乎相等，而穗的上部比下部平均少0.60%，可能與開花之順序有關。在一穗內開花的順序爲由上端三分之一部份開始，而蛋白質含量高與晚開花有關。

本研究中，雖然穗下部的蛋白質含量有略高的傾向，但與上、中部的蛋白質含量間並無顯著的差異，此點與謝 (1975、1977) 之結果一致。由以上之結果，我們在取樣過程中，可取一整穗，而不須將穗部再細分。

(四) 蛋白質含量與株高及種子大小之關係：

如上述，小麥種子蛋白質含量與同株不同分蘗之長度有負相關關係 (謝，1975) 。爲進一步明瞭此種關係是否在不同品種間亦存在，乃利用中國春小麥85個畸多元體系統作進一步的試驗。將每一品系最高之分蘗長度爲該品系之高度，並求各品系間不同株高與蛋白質含量之相關關係，結果如圖二，即知兩者之間亦有顯著的負相關關係 ($r=-0.213^*$, df=84) 。此即表示，在育種過程中選拔矮生 (dwarf) 或半矮生 (semi-dwarf) 後代時，選中高蛋白系統之機會較大。 此種半矮生系統亦能抗倒伏，同時能耐重肥。

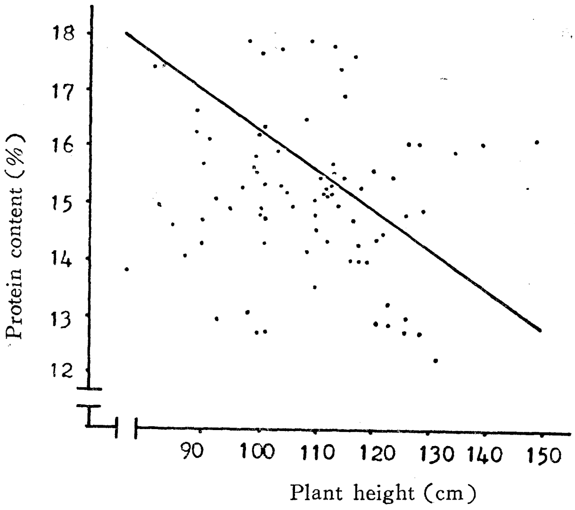

Fig. 2 Relation between seed protein content and plant height.

如上討論，晚抽穗分蘗上之麥粒，因生育期間縮短，發育不完全或皺縮成小粒。本研究中得知種子愈小，重量愈輕，蛋白質含量愈高。如圖三所示，蛋白質含量與千粒重之間有顯著的負相關關係 ($r=-0.271^*$, df=84) 。謝 (1975) 在小麥及 Hsieh and Brunner (1976) 在水稻中亦觀察到同樣的負相關關係。小麥種子之蛋白質大部分集中在糊粉層 (aleurone layer) ，當分析蛋白質時，若種子小則定量之樣本所需粒數較多，無形中增加糊粉層之面積，因此種子愈小或愈皺，則蛋白質含量愈高。在育種過程中，吾人應特別留意此種關係以免選錯對象。除進行化學分析外，應同時考慮種子

之大小問題。

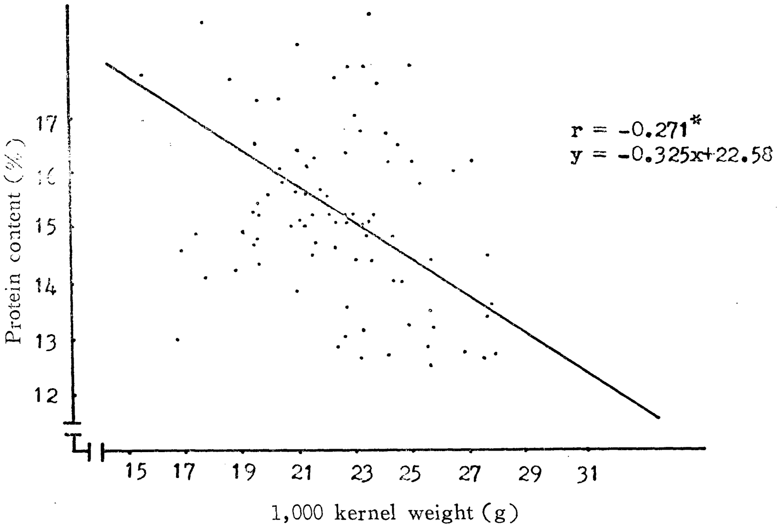

Fig. 3 Correlation between percent protein and 1,000 kernel weight

綜上而言，由本試驗結果得知，小麥在同一試區內，其蛋白質含量不但因植株不同而不同，且在同一植株內因穗之不同而不同。第一及第二穗一般結實最好，蛋白質含量最穩定，變異較小，故應採用第一穗或第二穗爲分析之樣本。因穗上、中、下三部位間蛋白質含量無顯著之差異，故可將一穗爲單位作爲分析之標準。種子之大小與蛋白質含量有負相關關係，故應注意田間之栽培管理，以培育種子大小一致的材料供分析，以增加選拔之效果。

參 考 文 獻

1. Gericke, W. F. (1930). Variation in the percentage of protein in the grain of a single wheat plant. Science 71:73-74. Cited from Stuber, C. W. et al (1962). Intraplant and interplant variation of grain protein content in the parents and the F_1 of Triticum aestivum L. Crop Sci. 2:286-289.
2. Hsieh, S. C. (1975). Variability in protein content of wheat. J. of the Agri. Associ. of China. New Series. No. 90:27-33.
3. Hsieh, S. C. and H. Brunner (1976). Variability in protein content of rice. SABRAO Jour. 8 (2): 165-171.
4. Hsieh, S. C. (1977). Environmental and genetical effects on protein content and amino acid composition in wheat. National Science Council Monthly 5 (1):46-59.
5. Hymowitz, T., F. I. Collins., and S. J. Gibbons. (1969). A modified dye-binding method for estimating soybean method. Agron. J. 61:601-603.
6. Johnson, J. A., M. N. A. Khan, and C. R . S. Sanchez. (1972). Wheat cultuars, environment and bread baking quality. Cereal Science Today. 17:323-326.
7. Kaul, A. K., R. D. Dher, M. S. Swaminathan. (1970). Microscopic and other dye binding techniques of screening for protein in cereals. Improving plant protein by nuclear techniques, proceedings of a symposium pp:253-263. IAEA.
8. Levi, I., and J. A. Anderson. (1950). Variations in protein content of plants, heads, spikelets, and individual kernels, of wheat. Canad. J. of Res. F. 28:71-81.
9. McNeal, F. H., and Davis, D. J. (1954). Effect of nitrogen fertilization on yield, culm number and

protein content of certain spring wheat varieties. Agron. J. 46:375-378.

10. McNeal, F. H., and D. J. Davis. (1966). Protein content of wheat kernels from different parts of the spike. Agron. J. 58:635-636.

11. Stuber, C. W., V. A. Johnson., and J. W. Schmidt. (1962). Intraplant and interplant variation of grain protein content in the parents and the F_1 of a cross of Triticum aestivum L. Crop Sci. 2:286-289.

12. Udy, D. C. 1971. Improved dye method for estimating protein. J. of the Amer. Oil Chem. Soci. 48 :29A-33A.

13 鄭心嫻 (1974) 玉米仔粒蛋白質及離胺酸含量測定方法之研究 農業研究第23卷、第3期 212—217。

VARIABILITY IN PROTEIN CONTENT OF WHEAT

by

J. S. Hsieh and T. Y. Wu

Summary

Different varieties of spring wheat was used to study the protein variabilities among different spikes within a plant and among different parts within a spike. It was observed that percent protein varied from spike to spike within a plant. In general, the spike of shorter tiller tended to have higher percent protein; there is a significant negative correlation between the length of tiller and percent protein.

The first spike (the longest tiller) showed the smallest variability in percent protein followed by the second, third and fourth spikes. There is no significant differences in percent protein among different parts within a spike. A significant negative correlation was observed between 1,000 kernel weight and percent protein. For protein analysis of wheat, it is recommended to use the best developed first and/or second spikes so that the protein variability can be minimized.